УДК. 53.06

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОГИТАРЫ

студент гр. 10111120 Головков А.С.
Научный руководитель – ст. преподаватель Францкевич Н.В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Научные открытия изменяют не только облик промышленных предприятий, бытовые условия, уровень медицины. Они также находят применения и в мире искусства. Так изучение электромагнитных явлений привело к созданию совершенно новых музыкальных электроинструментов, одним из которых является электрогитара.

История электрогитар начинается в первой половине XX века. Акустические гитары имеют небольшую громкость, поэтому чаще используются лишь для аккомпанемента. Они мало пригодны для исполнения сольных партий. Первым шагом к увеличению громкости стали резонаторные гитары, которые имели резонатор, встроенный внутри корпуса. Но это не привело к ожидаемым результатам: гитара не стала звучать громче, но появились свои особенности и недостатки.

Огромным шагом вперёд стало изобретение магнитного звукоснимателя Ллойдом Лоэром в 1924 году (из компании Gibson), где звук снимался благодаря изменению магнитного поля за счёт колебания в нём ферромагнитной струны и преобразования колебания в электрический сигнал, который через кабель подаётся в усилитель [1]. И в 1931 появилась первая электрогитара, созданная Полом Бартом, Джорджем Бошамом и Адольфом Рикенбакером. Из-за алюминиевого корпуса музыканты прозвали ее «сковородкой». В 1936 году была выпущена гитара Gibson ES-150. Она представляла собой гитару с полым корпусом, звукоснимателем и парой f- образных отверстий [2]. Она стала родоначальником полуакустических гитар – электрогитар с полым/полу-полым корпусом.

Современные электрогитары имеют цельный корпус без резонаторных отверстий. Вместо акустического резонатора на цельном корпусе установлены звукосниматели, темброблок, состоящий из регулятора громкости и регулятора тона (тембра) и, если звукоснимателей от 2 и более, переключатель звукоснимателей. Гриф может быть

вклеен в корпус или соединён с корпусом болтами. При игре на электрогитаре механические колебания струны звукоснимателем преобразуются в электромагнитные колебания и подаются на усилитель.

Все звукосниматели [3] подразделяются на активные и пассивные:

- «пассивные» звукосниматели представляют собой устройства, не осуществляющие предварительное усиление сигнала перед подачей его в усилитель. Они не требуют дополнительного источника питания.

- «активные», наоборот, производят предварительное усиление звука за счёт встроенной электроники, но они нуждаются в дополнительном источнике питания (батарейке).

По принципу действия современные звукосниматели делятся на электромагнитные и пьезоэлектрические.

Магнитные звукосниматели работают только со струнами из ферромагнитных материалов (стальная жила + оплетка из никеля, стали и т.п.) и состоят из постоянных магнитов и намотанных вокруг них катушек. Металлическая струна колеблется в поле, создаваемом постоянным магнитом датчика, тем самым изменяя магнитный поток, пронизывающий катушку. В проводящей катушке, намотанной вокруг магнита, возникает электрический ток, который далее подается на усилитель. Электромагнитный звукосниматель воспринимает только поперечные колебания струн, перпендикулярные магнитной оси катушки. В соответствии с законом Фарадея наведенное в датчике напряжение прямо пропорционально скорости изменения магнитного потока. Скорость изменения магнитного потока в катушке прямо пропорциональна скорости поперечного движения струны:

$$U = -\frac{d\Phi}{dt} = K\frac{dl}{dt},$$

где U – это выходное напряжение, Φ – магнитный поток, t – время, K – коэффициент, зависящий от геометрии гитары и характеристик звукоснимателя, dl – отклонение струны от своего положения покоя и, соответственно, $dl/dt = v$ – скорость движения струны.

Магнитные звукосниматели бывают следующих типов:

- «сингл» – однокатушечный. Характеризуется яркой перкуссионной атакой, но очень чувствителен к электромагнитным помехам.

- «хамбакер» (с англ. «борец с шумами») – двухкатушечный, где катушки расположены рядом на одном магнитопроводе и включены в противофазе. Такой подход позволяет существенно снизить шумы от электромагнитного фона за счёт алгебраического сложения сигналов от двух катушек, при этом за счет небольшой разности фаз полезного колебания (вызванной расстоянием между катушками), вычитается и часть спектра колебания струны.

- «рельсовый хамбакер» - принцип аналогичен «хамбакеру», только катушки расположены одна над другой на общем магнитопроводе, что позволяет передать более полный спектр колебаний в сравнении с хамбакером, сохранив при этом эффект шумоподавления.

Пьезоэлектрический звукосниматель, по сути, является микрофоном. Может работать со струнами из любого материала. Именно пьезоэлектрические звукосниматели используют для озвучивания акустических инструментов, поскольку они, как и микрофон, преобразуют в той или иной степени в электрический сигнал все колебания системы «корпус - струны». Используется на электроакустических гитарах, электрических классических гитарах и электрогитарах.

Еще одним важным элементом современной электрогитары является темброблок [4]. Это коммутационная или коммутационно-усилительная схема, которая расположена непосредственно внутри корпуса инструмента. Его основное назначение – коммутация и подключение в электрическую цепь звукоснимателей, пассивная или активная коррекция громкости и тембра, а также предварительное усиление сигнала (в зависимости от типа установленной электроники).

Темброблоки делятся на пассивные и активные по тому же принципу, что и звукосниматели. Пассивные термброблоки не требуют дополнительных элементов питания. Такой темброблок лишь осуществляет коммутацию звукоснимателей, а также выполняет функцию регулирования тембра за счет «срезания» (ослабления) тех или иных частот и регулировки громкости. Активные темброблоки, наоборот, требуют для своей работы батарейку и осуществляют предварительное усиление исходящего сигнала, а также уменьшают различные наводки. Активный темброблок помогает усилить сигнал до достаточного уровня и осуществляет согласование сопротивления на входе усилителя и сопротивления на выходе электрогитары.

По сути, темброблок – это электрическая цепь, где регулировка громкости и тембра осуществляется потенциометрами. Причем потенциометры громкости соединены с землёй напрямую, а потенциометры тембра – через конденсатор. При работе с потенциометром громкости меняется соотношение токов, идущих на усилитель и на землю: чем выше значение громкости, тем больше тока идёт на усилитель. То есть потенциометр выступает в роли делителя тока. Аналогичный принцип и регулировки тембра. Только в этом случае потенциометр соединён с землёй не напрямую, а через конденсатор. Свойство конденсатора таково, что чем меньше частота переменного тока, тем больше сопротивление оказывает ему конденсатор (реактивное сопротивление конденсатора обратно пропорционально частоте переменного тока). Таким образом, сопротивление регулятора тембра состоит из двух составляющих: активной (потенциометра) и реактивной (конденсатора). Вращая потенциометр, мы увеличиваем или уменьшаем активную составляющую сопротивления, то есть общий ток через «тон».

Хотя за последние пятьдесят лет электрогитара мало изменилась, понимание физических принципов ее работы в целом и отдельных элементов в частности дает возможность для поиска путей совершенствования этого инструмента.

Литература

1. Электрогитара – Википедия [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрогитара.

2. Полуакустическая гитара – Википедия [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Полуакустическая_гитара.

3. Звукосниматели для гитары. FAQ#1. Что такое? Как работают? [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://jablog.ru/blog/workshop/2310.html. – Дата доступа: 06.10.2009.

4. Pretty Underground: Workshop. О потенциометах и устройстве темброблока [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://jablog.ru/blog/workshop/2782.html#!prettyPhoto. - Дата доступа: 19.04.2012.